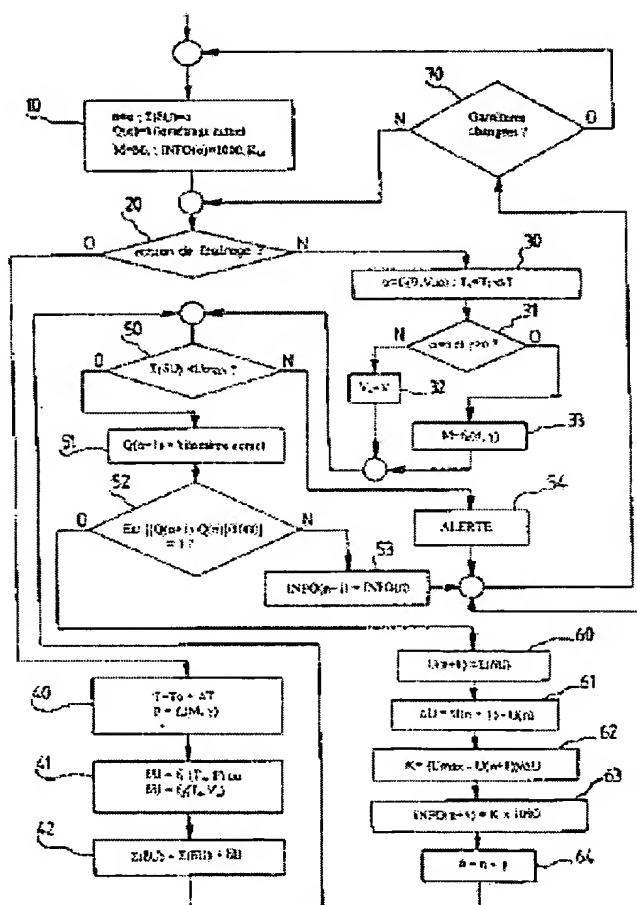


<b>Patent number:</b>	FR2794825
<b>Publication date:</b>	2000-12-15
<b>Inventor:</b>	MOUGEY YANNICK
<b>Applicant:</b>	PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA (FR)
<b>Classification:</b>	
- international:	F16D66/00
- european:	F16D66/02B, B60T17/22B
<b>Application number:</b>	FR19990007345 19990610
<b>Priority number(s):</b>	FR19990007345 19990610

The method is implemented on computer which evaluates (30,32,33) physical parameters from energy generated during braking to create (40) a model of each braking operation. A value for incremental wear is deduced (41) from a correspondence table and the parameter values. Accumulated incremental wear is compared (50) to a threshold, and a warning signal emitted (54) when the threshold is exceeded.





PARIS

**99 07345**

La présente invention concerne plus précisément un procédé de prévention d'un défaut de freinage susceptible de résulter d'une usure excessive de garnitures de freins équipant par exemple un véhicule automobile.

5 L'information de l'état d'usure des garnitures de freins d'un véhicule permet au conducteur de ce dernier, tant que l'usure maximale permise n'est pas atteinte, d'être sûr d'une part de disposer de l'efficacité optimale de ses freins et d'éviter d'autre part une  
10 détérioration irrémédiable des disques de freins.

En effet, dans le cas où une garniture de frein est totalement usée, c'est-à-dire intégralement dégarnie de matériau de friction, l'actionnement du frein correspondant se traduit par le frottement direct du  
15 support de garniture sur le disque.

Or, non seulement ce frottement direct s'accompagne d'une dégradation brutale du coefficient de frottement du frein, donc de la disparition des conditions de freinage normal et de l'apparition concomitante de risques graves,  
20 mais provoque également la destruction du disque, rendant nécessaire le remplacement de ce dernier.

Pour anticiper ces conséquences dommageables, il est connu soit de procéder périodiquement à des contrôles visuels, soit d'avoir recours à des témoins d'usure  
25 sonores, ou visuels, ou encore électriques comme décrits par exemple dans le document de brevet FR - 2 716 702.

Néanmoins, ces solutions présentent toutes l'inconvénient de ne pas permettre un suivi continu de l'état d'usure des garnitures, sauf à accepter les  
30 contraintes qu'impose un contrôle visuel direct, lequel est au minimum malcommode et nécessite parfois même le démontage des roues.

Par ailleurs, les solutions connues qui évitent un contrôle visuel font nécessairement appel à des  
35 composants spécifiques qui augmentent le coût global d'équipement du véhicule, qui présentent une fiabilité perfectible, et/ou qui peuvent être sources d'inconfort,

comme c'est par exemple le cas des témoins d'usure sonore.

La présente invention se situe dans ce contexte et se propose d'offrir un procédé permettant un suivi  
5 continu et à faible coût de l'état d'usure des garnitures de freins d'un véhicule.

A cette fin, le procédé de l'invention, appliqué à un véhicule de masse instantanée variable, circulant à une vitesse instantanée variable et soumis à une  
10 accélération instantanée variable, est essentiellement caractérisé en ce qu'il comprend les opérations consistant à :

- détecter une action de freinage;
- évaluer des paramètres physiques, au nombre de  
15 deux au moins, liés à une quantité d'énergie mise en oeuvre lors de l'action de freinage;
- élaborer, à partir des paramètres physiques évalués, un modèle de l'action de freinage;
- rechercher, dans un tableau de correspondances  
20 pré-établi et mémorisé liant des modèles d'actions de freinage à des valeurs d'usure incrémentale, la valeur d'usure incrémentale qui, dans ce tableau, correspond au modèle préalablement élaboré, cette valeur donnant au moins une estimation de l'usure qui résulte, pour les  
25 garnitures, de l'action de freinage détectée;
- calculer une valeur d'usure cumulée, obtenue à partir d'une valeur d'usure cumulée antérieure et de la valeur d'usure incrémentale;
- comparer la valeur d'usure cumulée à un seuil  
30 prédéterminé; et
- émettre un signal d'alerte lorsque la valeur d'usure cumulée est au moins égale au seuil prédéterminé.

L'un des paramètres physiques utilisé est par exemple homogène au temps, à la masse instantanée du  
35 véhicule, ou à la vitesse instantanée du véhicule.

Par ailleurs, le modèle d'action de freinage comprend de préférence au moins un couple de coordonnées

dont l'une est par exemple homogène à la valeur de température des freins, et dont l'autre peut être homogène à une pression exercée sur les garnitures de freins ou à la vitesse du véhicule au début de l'action  
5 de freinage.

Le procédé de l'invention permet ainsi au garagiste, ou au conducteur du véhicule, de disposer de façon aisée et continue, ou tout au moins périodique, d'une estimation de l'état d'usure des garnitures de  
10 frein, par exemple par lecture d'indications données par un ordinateur de bord préexistant sur le véhicule.

Le procédé de l'invention peut en outre aisément comprendre des étapes opératoires consistant à estimer la distance susceptible d'être encore parcourue par le  
15 véhicule avant que la valeur d'usure cumulée atteigne le seuil limite prédéterminé.

Grâce à ce procédé, le conducteur pourra notamment disposer d'un avis sur l'éventuelle opportunité de changer les garnitures de freins, s'il apparaît que  
20 l'usure atteinte ne permettra pas, à coup sûr, d'attendre le prochain contrôle du véhicule pour procéder à un tel changement.

Ce procédé n'entraîne aucun surcoût ni aucune surcharge sur les véhicules équipés au standard actuel,  
25 en raison de l'utilisation d'éléments déjà présents et d'informations déjà disponibles ou accessibles par le calcul.

En outre, ce procédé, qui permet d'utiliser des outils de diagnostic existants et optimise par exemple le  
30 nombre de démontage de roues au strict nécessaire, apporte un gain substantiel en coût d'entretien.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement  
35 limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un ordinogramme représentant le déroulement du procédé de l'invention; et

- la figure 2 est une vue en perspective d'un tableau de correspondance ou cartographie utilisé dans le  
5 procédé de l'invention.

Comme indiqué précédemment, l'invention concerne un procédé destiné à prévenir tout défaut de freinage qui serait susceptible de résulter d'une usure excessive de garnitures de freins équipant un véhicule, en particulier  
10 un véhicule automobile.

Ce procédé fait intervenir, directement ou indirectement, un certain nombre de grandeurs ou paramètres physiques qui, pour la simplicité et la clarté de l'exposé, feront dorénavant l'objet des notations  
15 suivantes :

$t$  désigne un instant considéré;

$M_v$  désigne la masse du véhicule à vide;

$M$  désigne la masse du véhicule à un instant  $t$  considéré;

20  $M_v$  désigne la masse du véhicule supportée, à un instant  $t$  considéré, par l'essieu avant du véhicule;

$X_0$  désigne la position du véhicule à un instant  $t_0$  considéré;

$X$  désigne la position du véhicule à un instant  $t$   
25 considéré;

$V_0$  désigne la vitesse du véhicule à un instant  $t_0$  considéré;

$V$ , ou  $dX/dt$ , désigne la vitesse du véhicule à un instant  $t$  considéré;

30  $T_0$  désigne la température des garnitures de freins à un instant  $t_0$  considéré;

$T$  désigne la température des garnitures de freins à un instant  $t$  considéré;

$T_a$  désigne la température ambiante à un instant  $t$   
35 considéré;

$P$  désigne la pression appliquée sur les garnitures de freins;

$g$  désigne l'accélération de la pesanteur;

$C_p$  désigne la capacité thermique d'un disque de frein;

5  $R$  désigne le rayon de roulement des pneus du véhicule;

$r$  désigne le rayon d'action d'une garniture de frein sur le disque de frein correspondant;

$v_d$  désigne le volume du disque de frein;

$U$  désigne une usure d'une garniture de frein;

10  $E$  désigne l'énergie mécanique totale du véhicule à un instant  $t$  considéré;

$S$  désigne la surface d'une garniture de frein;

$\sigma$  désigne le rapport de la section d'un piston de frein à la surface d'une garniture de frein;

15  $\mu$  désigne le coefficient de friction d'une garniture de frein sur le disque de frein correspondant;

$\gamma$ , ou  $dV/dt$ , désigne l'accélération du véhicule à un instant  $t$  considéré;

20  $\alpha$  désigne l'angle que fait, avec un plan horizontal, la voie sur laquelle roule le véhicule, cet angle étant affecté d'un signe positif ou négatif selon que la voie constitue, pour le véhicule, une descente ou une montée;

$p$  désigne le rapport  $M_{av}/M$  de la masse appliquée sur l'essieu avant du véhicule à la masse totale du véhicule, cette répartition de masses valant pour un véhicule supposé animé d'une vitesse constante;

$\theta$  désigne l'angle d'actionnement du papillon moteur;

$\omega$  désigne la vitesse angulaire du moteur;

30  $\tau$  désigne la constante de temps de refroidissement d'un disque de frein;

$\delta$  désigne un accroissement élémentaire d'une grandeur physique entre deux instants ou états relativement proches l'un de l'autre;

35  $\Delta$  désigne un accroissement élémentaire d'une grandeur physique entre deux instants ou états relativement éloignés l'un de l'autre; et



$\Sigma$  désigne une somme de plusieurs termes.

Ces grandeurs ou paramètres physiques sont, de façon connue en soi, reliés entre eux par des relations incluant les équations suivantes :

5        Equ.1      $E = \frac{1}{2}.M.(V-V_0)^2 + M.g.\sin(\alpha).(X-X_0)$ ,  
l'instant  $t_0$  associé aux grandeurs  $X_0$  et  $V_0$  étant choisi pour correspondre au début d'un freinage.

Equ.2      $C_p = 0,003914.v_d$  (pour un disque en fonte).

Equ.3      $\Delta T = T - T_0 = (E.p)/(2.C_p)$ , cette grandeur  
10    représentant l'élévation de la température des disques de freins avant lors d'une action de freinage mettant en jeu la quantité d'énergie  $E$  et commençant à l'instant  $t_0$ .

Equ.4      $\Delta T = (T_1 - T_a) \cdot \exp((t_1 - t)/\tau)$ , cette relation  
rendant compte de l'évolution de la température  $T$  du  
15    disque de frein après une action de freinage cessant à l'instant  $t_1$ .

Equ.5      $T_0 = f_3(\alpha, M, V_0, V, t)$ , cette relation  
résultant d'une convention de notation de l'ensemble des  
Equations 3 et 4 et rendant compte de la température  $T_0$   
20    des disques de freins avant à l'instant  $t_0$  marquant le début d'une action de freinage dans le cas où les grandeurs d'influence de  $T_0$ , autres que  $\alpha$ ,  $M$ ,  $V_0$ ,  $V$ , et  $t$ , sont supposées connues et fixées.

Equ.6      $P = R/(2.\mu.r.S.\sigma) * (M.(p + (1-p).\gamma/g).\gamma/g$

Equ.7      $P = f_4(M, \gamma)$ , cette relation résultant  
25    d'une convention de notation de l'Equation 6 dans le cas où les grandeurs d'influence de  $P$ , autres que  $M$  et  $\gamma$ , sont supposées connues et fixées.

Equ.8      $\alpha = f_5(\theta, V, \omega)$ , où  $f_5$  est une fonction  
susceptible d'être déterminée expérimentalement pour  
30    chaque type de véhicule.

Equ.9      $M = f_6(\theta, \gamma)$ , où  $f_6$  est une fonction  
susceptible d'être déterminée expérimentalement pour tout  
véhicule automobile subissant une décélération  $\gamma$ .

Equ.10     $p = f_7(M)$ , où  $f_7$  est une fonction  
35    susceptible d'être déterminée expérimentalement pour chaque type de véhicule.

Equ.11  $\delta U = f_1(T_o, P)$ , cette relation rendant compte de l'usure incrémentale  $\delta U$  subie par une garniture de frein pendant une action de freinage débutant à l'instant  $t_o$ , avant laquelle le disque de frein a une température  $T_o$ , et au cours de laquelle la garniture de frein subit une pression  $P$ , la fonction  $f_1$  étant susceptible d'être déterminée expérimentalement pour chaque type de garniture de frein.

Equ.12  $\delta U = f_2(T_o, V_o)$ , cette relation rendant compte de l'usure incrémentale  $\delta U$  subie par une garniture de frein pendant une action de freinage débutant à l'instant  $t_o$ , avant laquelle le disque de frein a une température  $T_o$  et le véhicule une vitesse  $V_o$ , la fonction  $f_2$  étant susceptible d'être déterminée expérimentalement pour chaque type de garniture de frein.

Pour simplifier l'exposé, les paramètres  $C_p$ ,  $R$ ,  $r$ ,  $S$ ,  $\sigma$ ,  $\mu$ , et  $\tau$  seront ci-après supposés constants, leurs valeurs étant stockées dans une mémoire accessible au calculateur du véhicule chargé de mettre en oeuvre le procédé de l'invention, ce calculateur étant par exemple constitué par le calculateur de freinage antiblocage (ABS).

Néanmoins, l'homme de l'art est invité à comprendre d'une part que les valeurs ainsi stockées dans cette mémoire pourraient en cas de besoin être mises à jour, par intervention directe, pour s'adapter à tout nouvel environnement résultant par exemple d'un changement de pièces de freinage, et d'autre part que ces valeurs pourraient même aussi être modifiées de façon dynamique par le calculateur, en fonction d'autres paramètres obtenus par calcul et/ou par mesures.

Dans son principe, le procédé de l'invention est globalement le suivant.

Une estimation de l'état d'usure des garnitures de freins est obtenue par accumulation, lors de chaque freinage, d'une valeur d'usure incrémentale  $\delta U$  dans un

sommateur d'usure, le contenu de ce sommateur étant ainsi représentatif d'une valeur d'usure cumulée  $\Sigma(\delta U)$ .

La valeur d'usure incrémentale  $\delta U$  à prendre en considération est déterminée, à chaque freinage, par  
5 lecture dans un tableau de correspondances pré-établi et mémorisé (donné par l'Equation 11 ou 12), mettant en correspondance des modèles ou types de freinage prédéfinis et les valeurs d'usure incrémentale engendrées par les actions de freinage répondant à ces modèles ou  
10 types.

Chaque modèle ou type de freinage est défini par au moins deux composantes liées à l'énergie mise en oeuvre lors de l'action de freinage correspondante, à savoir la température  $T_0$  des garnitures de freins au début du  
15 freinage et la pression  $P$  appliquée sur ces garnitures de freins, ou la température  $T_0$  et la vitesse  $V_0$  du véhicule au début du freinage.

Ce tableau pré-établi peut être construit à partir d'essais ou mesures faites une fois pour toutes et grâce  
20 auxquels l'usure incrémentale mesurée ou constatée est cartographiée en fonction de ces composantes  $T_0$ ,  $P$ , ou  $T_0$ ,  $V_0$  ( $f_1$  ou  $f_2$  des Equations 11 ou 12).

Bien que les composantes  $T_0$  et  $P$ , ou  $T_0$  et  $V_0$ , puissent être mesurées directement au moyen de capteurs  
25 appropriés, l'invention développe tous ses avantages en prévoyant d'obtenir ces composantes à partir d'informations, disponibles ou aisément accessibles, relatives aux principaux paramètres physiques tels que  $t$ ,  $M$ , ou  $V$ .

30 Le contenu du sommateur d'usure, représentatif de la valeur d'usure cumulée  $\Sigma(\delta U)$ , est comparé à une valeur limite d'usure admissible  $U_{max}$ .

Lorsque la valeur d'usure cumulée  $\Sigma(\delta U)$  atteint la limite d'usure admissible  $U_{max}$ , un signal d'alerte est  
35 émis pour prévenir le conducteur du véhicule ou le garagiste de l'état d'usure "avancé" de la garniture, ce

signal étant néanmoins émis suffisamment tôt pour éviter de requérir l'arrêt immédiat du véhicule.

Il sera aussi possible d'estimer, par exemple par extrapolation des résultats obtenus lors des Q milliers  
5 derniers kilomètres parcourus, le kilométrage encore réalisable avant le prochain changement de garniture obligatoire.

Une telle évaluation permettra ainsi au garagiste de décider s'il doit changer les garnitures lors de la  
10 visite en cours, ou s'il peut attendre la prochaine visite par exemple.

Un sommateur d'usure différent peut avantageusement être utilisé pour les freins de l'essieu avant et pour les freins de l'essieu arrière, le niveau de pression P  
15 dans chacun des essieux dépendant en effet de grandeurs telles que  $\mu$ ,  $r$ ,  $\sigma$  et  $S$  qui caractérisent techniquement le frein avant ou arrière.

Des garnitures de frein de même définition pouvant s'user de façon assez différente, les usures les plus  
20 pénalisantes seront prises en compte dans l'estimation des usures incrémentales, étant entendu qu'il est préférable d'anticiper une destruction des pièces de frein.

Comme le comprendra l'homme de l'art, le procédé de  
25 l'invention pourrait être enrichi pour tenir compte des usures liées à l'existence d'un couple résiduel de freinage, le sommateur d'usure incrémentale étant à cette fin incrémenté en fonction du kilométrage parcouru entre deux freinages, et d'une estimation pré-établie de  
30 l'usure résultant, par kilomètre parcouru, du couple résiduel.

Lors d'un changement de garniture, le sommateur devra être remis à zéro par l'opérateur.

Comme indiqué précédemment, les calculs nécessaires  
35 à la mise en oeuvre du procédé pourront être réalisés par un calculateur pré-existant sur le véhicule (ex: BSI, ABS, moteur,...).

En cas de changement de dimension des freins en après-vente sur un véhicule de série (ex:kit sport, changement de qualité de garnitures,...), il sera en outre possible de modifier les paramètres de dimensionnement des freins ( $\mu$ , R, S,  $\sigma$  ...) et la cartographie d'usure des garnitures ( $f_1$ ,  $f_2$ ) par l'intermédiaire d'une prise de diagnostic pré-existante.

En fonction de la précision souhaitée sur le calcul des usures, les différentes grandeurs ou paramètres pourront être obtenus par des moyens plus ou moins approchés.

La masse réelle du véhicule M pourra par exemple être obtenue en cartographiant, pour une variation de l'angle de papillon moteur ( $\theta$ ) donné le niveau de variation de l'accélération ( $\gamma$ , avec  $\gamma > 0$ ) du véhicule. Pour chaque véhicule et chaque moteur, il faudra donc préalablement déterminer, par calcul ou par essai, la loi  $M = f_6(\theta, \gamma)$ , par exemple lors de la première accélération du véhicule, ou par moyenne sur plusieurs accélérations.

La décélération ( $\gamma$ , avec  $\gamma < 0$ ) subie par le véhicule lors du freinage peut également être obtenue de façon plus ou moins directe et précise.

En particulier, cette information pourra être obtenue soit par analyse des cartographies moteur, soit par exemple à partir de la dérivée par rapport au temps des vitesses de roues mesurées par les capteurs de roue du système ABS.

Il est donc ainsi possible, de façon indirecte, d'obtenir la valeur de la pression exercée sur une garniture de frein, telle qu'elle est donnée par l'Equation 7 :  $P = f_4(M, \gamma)$ , ou par la combinaison des Equations 7 et 9 :  $P = f_4(\gamma, f_6(\theta, \gamma))$ .

Pour ce qui concerne la température T, l'hypothèse est faite d'une part que la température des garnitures est égale à celle des disques de freins correspondants, et d'autre part que les disques de freins, au début du premier freinage, sont à la température ambiante  $T_a$ ,

celle-ci étant soit arbitrairement fixée à une valeur standard, soit obtenue par le capteur de température extérieure du véhicule, lorsqu'il existe.

Il est ainsi possible de déterminer la température  
5 T dans les garnitures de freins à chaque instant, et en particulier au début d'un freinage (température  $T_0$ ), en tenant compte du fait que cette température évolue par incréments  $\Delta T$  positifs au cours de chaque freinage, en fonction de l'énergie dissipée dans les disques de frein,  
10 et évolue, en dehors des périodes de freinage, par incréments  $\Delta T$  négatifs dépendant des périodes de refroidissement laissées aux disques de freins.

Plus précisément, cette température augmente, lors d'un freinage, par dissipation d'énergie cinétique et  
15 potentielle dans les freins, et diminue, hors du freinage, par le refroidissement propre des freins.

Comme l'indique l'Equation 1, l'énergie cinétique correspond à la grandeur  $\frac{1}{2} M \cdot (V - V_0)^2$ , et l'énergie potentielle à la grandeur  $M \cdot g \cdot \sin(\alpha) \cdot (X - X_0)$ .

20 La décélération naturelle du véhicule (frein moteur), relativement faible, peut être négligée en première approximation, sa prise en compte étant néanmoins possible.

La détermination de la masse M et de la variation  
25 de vitesse  $(V - V_0)$  telle que décrite précédemment conduit sans difficulté à la détermination de l'énergie cinétique  $\frac{1}{2} M \cdot (V - V_0)^2$ .

L'énergie potentielle  $M \cdot g \cdot \sin(\alpha) \cdot (X - X_0)$  peut, quant à elle, être déterminée par exemple de la façon suivante.

30 L'angle  $\alpha$  de la pente sur laquelle circule le véhicule (cette pente étant évidemment nulle pour  $\alpha = 0$ ) est obtenu d'une part par une détermination préalable de la relation représentée par l'Equation 8, à savoir  $\alpha = f_5(\theta, V, \omega)$ , qui lie l'angle  $\alpha$  à l'angle  $\theta$  du papillon  
35 moteur, à la vitesse V du véhicule, et à la vitesse de rotation  $\omega$  du moteur, et d'autre part par mesure, le

moment voulu, de ces grandeurs et calcul de  $\alpha$  sur la base de cette relation.

En effet, dans la mesure où, pour une vitesse de boîte engagée donnée, les efforts provoquant un  
5 emballement ou un ralentissement du moteur dépendent de la pente  $\alpha$  sur laquelle circule le véhicule, où l'emballement ou le ralentissement du moteur peuvent être déduits de la connaissance de la vitesse de rotation  $\omega$  du moteur, de la vitesse de boîte engagée et de l'angle  $\theta$  du  
10 papillon moteur, et où la vitesse de boîte engagée peut être obtenue par comparaison des vitesses de roue (obtenue du capteur ABS par exemple et liée à la vitesse  $V$  du véhicule) et de la vitesse  $\omega$  de rotation du moteur, les grandeurs  $\theta$ ,  $V$ , et  $\omega$  suffisent à permettre la  
15 détermination de la pente  $\alpha$ .

A partir de l'instant  $t_0$  où la pédale de frein est enfoncée (l'action de freinage à cet instant étant par exemple détectée par l'allumage des feux d'arrêt du véhicule, dits « feux stop »), l'hypothèse est faite, en  
20 première approximation, que la pente  $\alpha$  est constante.

La masse  $M$  du véhicule ayant été déterminée par ailleurs, et l'accélération de la pesanteur  $g$  étant connue, la détermination de l'énergie potentielle  $M.g.\sin(\alpha).(X-X_0)$  dissipée dans les freins ne requiert  
25 donc plus que la détermination de la distance  $(X-X_0)$  parcourue par le véhicule depuis le début du freinage, cette distance pouvant être mesurée directement par comptage des impulsions du capteur ABS depuis l'instant  $t_0$ , ou calculée par intégration en fonction du temps de  
30 la vitesse instantanée  $V$  du véhicule depuis cet instant.

L'énergie totale  $E$  dissipée dans les freins, par exemple dans les freins de l'essieu avant du véhicule, ayant ainsi été déterminée, l'élévation de température  $\Delta T$  (avec  $\Delta T = T - T_0$ ) des disques de freins de l'essieu avant  
35 au cours de l'action freinage peut à son tour être déterminée sur la base de l'Equation 3, à savoir  $\Delta T = (E.\rho)/(2.C_p)$ , où  $C_p$  est supposé connu et constant.

On rappelle que la grandeur  $p$  désigne le rapport de la masse  $M_{av}$  pesant sur l'essieu avant du véhicule à la masse totale  $M$  du véhicule calculée plus haut.

La masse  $M_{av}$  pesant sur l'essieu avant du véhicule peut elle-même être obtenue à partir de la connaissance du type de véhicule, de la valeur  $M_{avv}$  de cette masse pour le véhicule à vide en sortie de chaîne de fabrication, et de l'évolution normale de cette masse  $M_{av}$ , pour le type de véhicule considéré, en fonction de la charge utile  $M-M_v$  de ce véhicule.

Pour un véhicule de type donné, le rapport  $p$  peut donc être déterminé en fonction de la connaissance préalablement établie de la relation  $p = f_7(M)$  (Equation 10) pour le véhicule considéré, et de la connaissance de la masse  $M$  établie de la façon précédemment décrite.

Enfin, l'évolution de la température des disques de freins en dehors des périodes de freinage peut être déterminée à partir de la relation  $\Delta T = (T_1 - T_a) \cdot \exp((t_1 - t)/\tau)$  de l'Equation 4, dans laquelle la valeur  $T_1$  est celle de la température calculée à l'instant  $t_1$  marquant la fin de l'action de freinage précédente.

Les principales opérations du procédé de l'invention ayant été exposées, ce dernier peut maintenant être décrit en détail, en référence à la figure 1.

L'étape d'initialisation 10, qui constitue le point de départ du procédé, consiste à :

- mettre à zéro un indice compteur  $n$  destiné à mémoriser, en milliers de kilomètres par exemple, la distance parcourue par le véhicule avec les mêmes garnitures de freins initialement neuves,
- mettre à zéro le contenu  $\Sigma(\delta U)$  du sommateur d'usure,
- mémoriser, dans une variable  $Q(n)$ , en l'occurrence  $Q(0)$ , la valeur du kilométrage du véhicule relevée à l'instant de cette initialisation,



- fixer à la valeur de la masse à vide  $M_v$  du véhicule, par défaut, la valeur de la masse totale  $M$  du véhicule, et

5 - fixer par défaut, dans une variable  $INFO(n)$ , en l'occurrence  $INFO(0)$ , le nombre maximum 1000.  $K_M$  de milliers de kilomètres susceptibles d'être parcourus avec des garnitures de freins initialement neuves.

L'étape de détection 20 consiste à surveiller la survenance d'une éventuelle action de freinage.

10 En cas d'absence de freinage, la disponibilité du calculateur est par exemple mise à profit, à l'étape 30, pour déterminer, sur la base de l'Equation 8, la pente  $\alpha$  de la voie sur laquelle circule le véhicule, et pour mettre à jour, sur la base de l'Equation 4, la variable  
15  $T_o$  représentant la température des garnitures de freins avant tout éventuel futur freinage.

Le test 31 vise à déterminer si le véhicule accélère ( $\gamma > 0$ ) sur une voie horizontale ( $\alpha = 0$ ).

Dans la négative, la variable  $V_o$  représentant la  
20 vitesse du véhicule avant tout éventuel futur freinage est mise à jour à l'étape 32 et prend la valeur de la vitesse  $V$  à l'instant considéré.

Si au contraire le véhicule est en cours d'accélération ( $\gamma > 0$ ) sur une voie horizontale ( $\alpha = 0$ ),  
25 le calculateur profite de ces conditions pour déterminer, à l'étape 33, la masse totale du véhicule sur la base de l'Equation 9.

Si le test de l'étape 20 a conduit à détecter une action de freinage, l'étape 40 est utilisée pour  
30 calculer, sur la base de l'Equation 3, la nouvelle valeur à l'instant  $t$  considéré de la température des garnitures de freins, et éventuellement pour calculer, sur la base de l'Equation 6, la valeur de la pression  $P$ .

L'étape suivante 41 permet, connaissant les valeurs  
35  $T_o$  et  $P$ , ou  $T_o$  et  $V_o$ , et par lecture dans un tableau de correspondances pré-établi tel qu'illustré sur la figure 2, de déterminer la valeur d'usure incrémentale  $\delta U$  des

garnitures de freins pour l'action de freinage considérée.

L'étape 42 consiste à remettre à jour le contenu  $\Sigma(\delta U)$  du sommateur d'usure en ajoutant au contenu  
5 antérieur de ce sommateur la valeur de l'usure incrémentale  $\delta U$  déterminée à l'étape précédente.

Les étapes 32, 33 et 42, une fois terminées, conduisent au test 50 qui consiste à comparer le contenu  $\Sigma(\delta U)$  du sommateur d'usure à une valeur prédéterminée  
10 d'usure maximale admissible avant alerte  $U_{max}$ .

Si le contenu  $\Sigma(\delta U)$  du sommateur d'usure dépasse  $U_{max}$ , un signal d'alerte est déclenché à l'étape 54 pour informer le conducteur ou un opérateur de la nécessité de changer les garnitures de freins.

15 L'opérateur qui effectue ce changement en informe le calculateur en modifiant une variable d'état qui fait l'objet du test 70 sur lequel se boucle la sortie de l'étape 54.

Si les garnitures ont été changées, le procédé est repris en amont de l'étape 10. Dans le cas contraire, il est repris en aval de l'étape 10.  
20

Si le test 50 montre que le contenu  $\Sigma(\delta U)$  du sommateur d'usure ne dépasse pas encore  $U_{max}$ , il est procédé à une estimation du kilométrage encore réalisable  
25 avant le prochain changement des garnitures.

Cette estimation est basée sur la différence d'usure entre les kilomètres 1000.(n) et 1000.(n+1) dernièrement parcourus sans qu'aucun changement de garnitures ne soit intervenu.

30 A cette fin, l'étape 51 attribue à la variable  $Q(n+1)$ , au moins temporairement, la valeur du kilométrage du véhicule relevé à l'instant considéré, et le test 52 détermine si au moins mille kilomètres ont été parcourus depuis l'instant où une valeur définitive a été attribuée  
35 à la variable  $Q(n)$ .

Plus précisément, le test 52 détermine si la partie entière (Ent) du rapport  $[Q(n+1) - Q(n)]/1000$  est, ou non, égale à 1.

Dans la négative, l'étape 53 affecte à l'indication  
5 INFO(n+1) du nombre de milliers de kilomètres encore susceptibles d'être parcourus avec les mêmes garnitures la valeur inchangée de l'indication antérieure INFO(n).

Si au contraire le test 52 montre que la distance  
10 parcourue depuis la dernière estimation est au moins égale à 1000 kilomètres, les étapes 60 à 64 du procédé sont mises en oeuvre avant un rebouclage sur le test 70.

L'étape 60 attribue à une variable d'usure  $U(n+1)$ ,  
en tant que valeur, le contenu  $\Sigma(\delta U)$  du sommateur d'usure,  
pour permettre à l'étape 61, et par différence avec la  
15 valeur de la variable d'usure  $U(n)$  mémorisée dans les mêmes conditions mille kilomètres plus tôt, de calculer l'usure  $\Delta U$  subie par les garnitures de freins au cours des mille derniers kilomètres parcourus.

L'étape 62 est consacrée au calcul du nombre  $K$  de  
20 milliers de kilomètres susceptibles d'être encore parcourus avant le changement des garnitures, ce nombre  $K$  étant obtenu en divisant la réserve d'usure encore disponible ( $U_{\max} - U(n+1)$ ) par l'usure  $\Delta U$  subie par les garnitures au cours des mille derniers kilomètres.

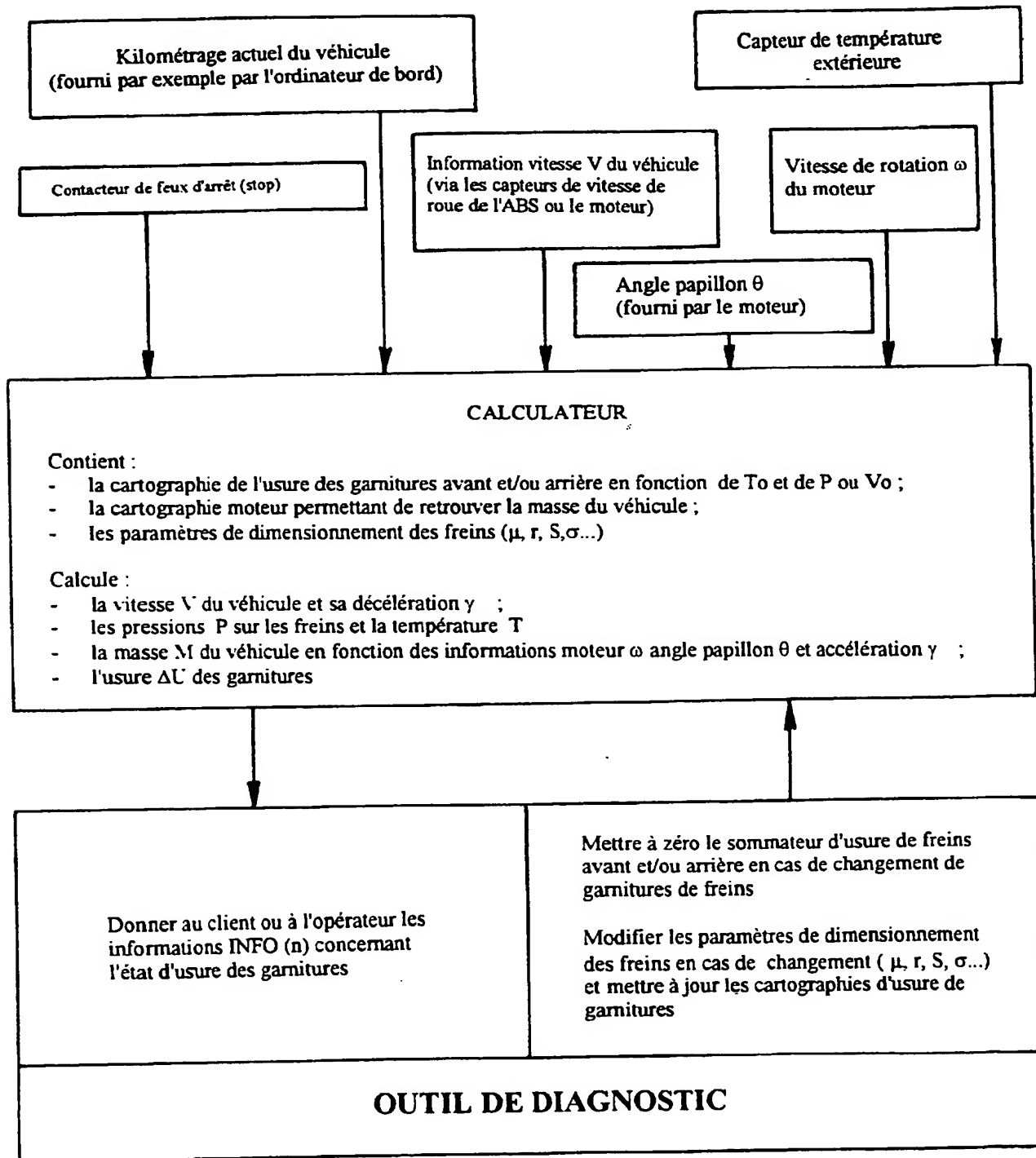
25 L'étape 63 affecte de façon définitive à l'indication INFO(n+1) la valeur  $1000.K$  représentant le nombre de kilomètres susceptibles d'être encore parcourus avant le changement des garnitures.

Enfin, l'étape 64 procède à l'incrémentation d'une  
30 unité de l'indice compteur  $n$ .

La figure 2 représente un tableau de correspondance ou "cartographie" illustrant la fonction  $f_2$  de l'Equation 12.

Enfin, l'Annexe 1 ci-jointe est un diagramme  
35 récapitulatif identifiant les signaux ou données délivrés au calculateur intervenant dans la mise en oeuvre du

procédé de l'invention, et les signaux ou données  
délivrés par ce calculateur.

Annexe 1

## REVENDICATIONS

1. Procédé de prévention d'un défaut de freinage  
5 susceptible de résulter d'une usure excessive de  
garnitures de freins équipant un véhicule de masse  
instantanée (M) variable, circulant à une vitesse  
instantanée (V) variable et soumis à une accélération  
instantanée (dV/dt) variable, caractérisé en ce qu'il  
10 comprend les opérations consistant à :
- détecter (20) une action de freinage;
  - évaluer (30, 32, 33) des paramètres physiques (t, M, V), au nombre de deux au moins, liés à une quantité d'énergie (E) mise en oeuvre lors de l'action de  
15 freinage;
  - élaborer (40), à partir des paramètres physiques évalués, un modèle (To, P; To, Vo) de l'action de freinage;
  - rechercher (41), dans un tableau de  
20 correspondances ( $\delta U = f_1(T_o, P)$ ;  $\delta U = f_2(T_o, V_o)$ ) pré-  
établi et mémorisé liant des modèles (To, P; To, Vo)  
d'actions de freinage à des valeurs ( $\delta U$ ) d'usure  
incrémentale, la valeur d'usure incrémentale qui, dans ce  
tableau, correspond au modèle préalablement élaboré,  
25 cette valeur donnant au moins une estimation de l'usure  
qui résulte, pour les garnitures, de l'action de freinage  
détectée;
  - calculer (42) une valeur d'usure cumulée ( $\Sigma(\delta U)$ ),  
obtenue à partir d'une valeur d'usure cumulée antérieure  
30 et de la valeur d'usure incrémentale ( $\delta U$ );
  - comparer (50) la valeur d'usure cumulée ( $\Sigma(\delta U)$ ) à  
un seuil prédéterminé (U<sub>max</sub>); et
  - émettre (54) un signal d'alerte lorsque la valeur  
d'usure cumulée ( $\Sigma(\delta U)$ ) est au moins égale au seuil  
35 prédéterminé (U<sub>max</sub>).

2. Procédé de prévention d'un défaut de freinage suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'un des paramètres physiques est homogène au temps (t).

3. Procédé de prévention d'un défaut de freinage  
5 suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'un des paramètres physiques est homogène à la masse instantanée (M) du véhicule.

4. Procédé de prévention d'un défaut de freinage suivant l'une quelconque des revendications précédentes,  
10 caractérisé en ce que l'un des paramètres physiques est homogène à la vitesse instantanée (V) du véhicule.

5. Procédé de prévention d'un défaut de freinage suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le modèle ( $T_0$ , P;  $T_0$ ,  $V_0$ ) d'action  
15 de freinage comprend un couple de coordonnées.

6. Procédé de prévention d'un défaut de freinage suivant la revendication 5, caractérisé en ce qu'une première des coordonnées du modèle est homogène à une valeur de température ( $T_0$ ) des freins au début de  
20 l'action de freinage.

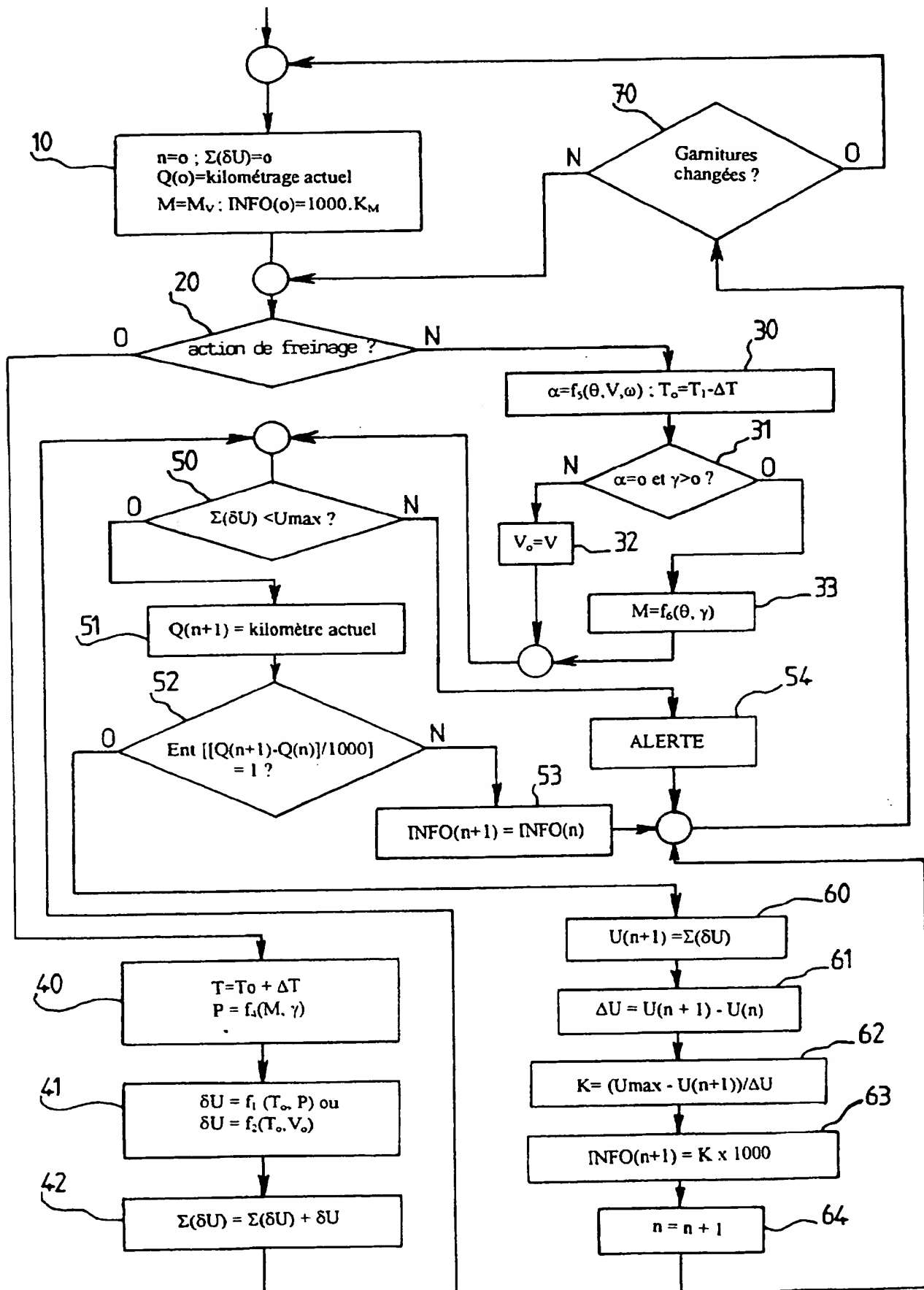
7. Procédé de prévention d'un défaut de freinage suivant l'une quelconque des revendications précédentes combinée à la revendication 5, caractérisé en ce qu'une seconde des coordonnées du modèle est homogène à une  
25 pression (P) exercée sur les garnitures de freins.

8. Procédé de prévention d'un défaut de freinage suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6 combinée à la revendication 5, caractérisé en ce qu'une seconde des coordonnées du modèle est homogène à la  
30 vitesse ( $V_0$ ) du véhicule au début de l'action de freinage.

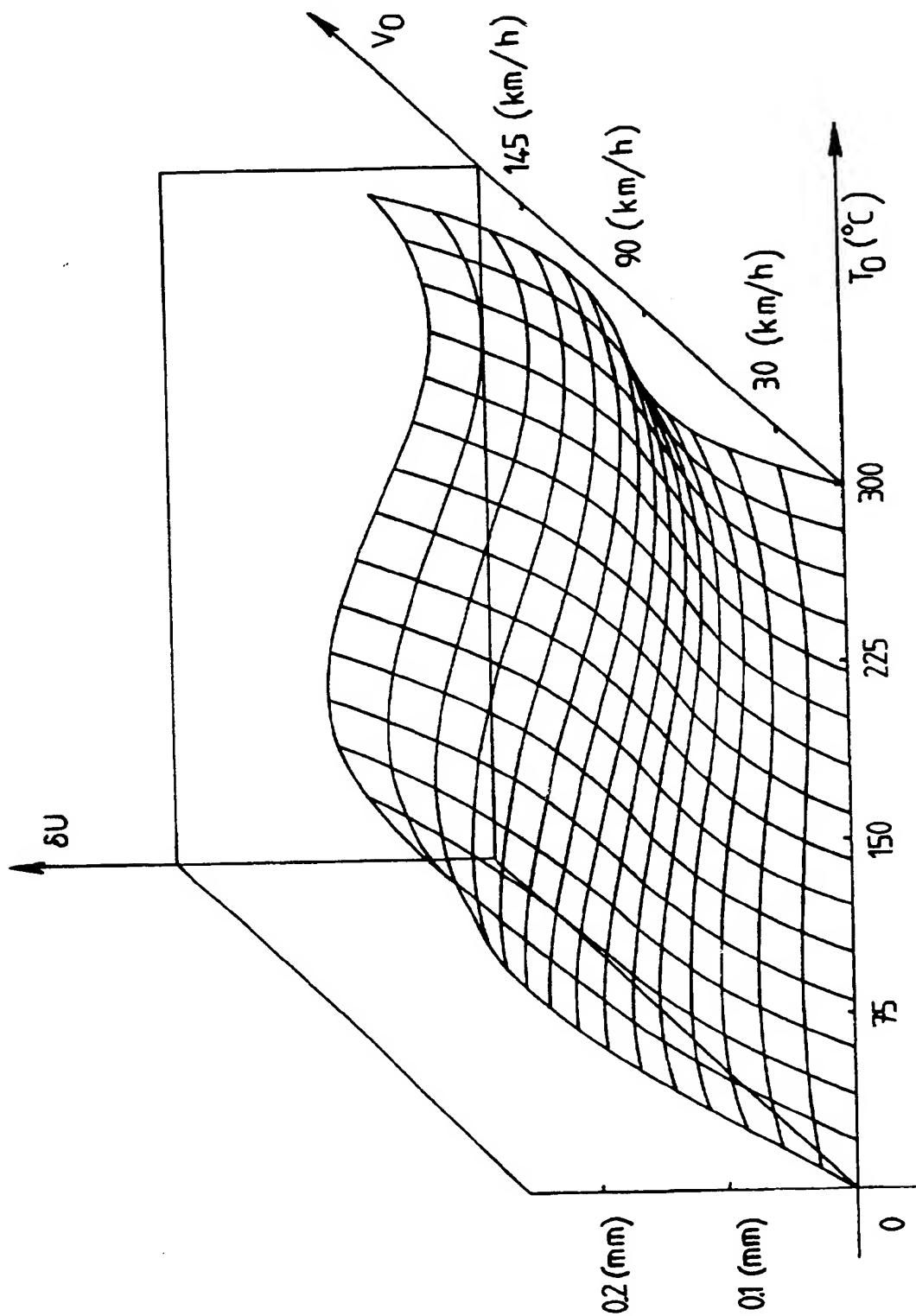
9. Procédé de prévention d'un défaut de freinage suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend des étapes opératoires  
35 consistant à estimer la distance (1000.K) susceptible d'être parcourue par le véhicule avant que la valeur

d'usure cumulée ( $\Sigma(\delta U)$ ) atteigne le seuil prédéterminé ( $U_{\max}$ ) .





**FIG. 1**

**FIG. 2**

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

2794825

N° d'enregistrement  
national

FA 573688  
FR 9907345

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	EP 0 598 997 A (VOLKSWAGENWERK) 1 juin 1994 (1994-06-01)	1,2,4-8
Y	* colonne 3, ligne 19 - colonne 4, ligne 43; figure *	3,9
X	DE 34 07 716 A (ROBERT BOSCH) 12 septembre 1985 (1985-09-12) * revendications *	1,2,4-9
Y	DE 43 16 993 A (MERCEDES-BENZ) 24 novembre 1994 (1994-11-24)	3
A	* le document en entier *	1-4
Y	DE 38 16 949 A (SIEMENS) 22 décembre 1988 (1988-12-22)	9
A	* colonne 2, ligne 10 - ligne 42 *	1
A	EP 0 601 366 A (EATON) 15 juin 1994 (1994-06-15)	
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL.7)
		F16D B60T
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
21 février 2000		Becker, R
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou antériorité plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EP 0 598 997 A (1994-06-01)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**